B A B I I
TEORI DASAR ALIRAN FLUIDA

2.1. Prinsip - Prinsip Airan Fluida

2.1.1. Konsep Fluida

Fluida adalah sebagai zat yang tidak memberikan perlawanan terhadap perubahan bentuk. Atau dengan kata lain zat yang tidak dapat menahan tegangan geser dengan deformasi statik.

Setiap tegangan geser yang dikenakan pada fluida, betapapun kecilnya, akan menyebabkan fluida itu bergerak. Fluida itu bergerak dan berubah bentuk secara terus menerus selama tegangan tersebut bekerja. Maka dapat dikatakan bahwa fluida yang diam berada dalam keadaan tegangan geser nol.

Dengan definisi fluida tersebut diatas, ada dua macam fluida, yakni zat cair dan gas. Disini dibicarakan zat cair saja. Perbedaan antara keduanya bersifat teknis, yaitu berhubungan dengan gaya kohesif. Karena terdiri dari molekul-molekul tetap rapat dengan gaya kohesif yang relatif kuat, zat cair cenderung mempertahankan volumenya dan akan membentuk permukaan bebas dalam medan gravitasi, jika tidak tertutup dari atas.

2.1.2. Sifat - sifat cairan.

a. Kekentalan (viskositas)

Kekentalan adalah sifat cairan yang dapat menahan gaya geser .

Kekentalan Dinamis (μ) :

adalah gaya gesek persatuan luas yang dibutuhkan untuk menggeser lapisan zat cair dengan satu - satuan kecepatan terhadap lapisan yang berdekatan di dalam zat cair itu.

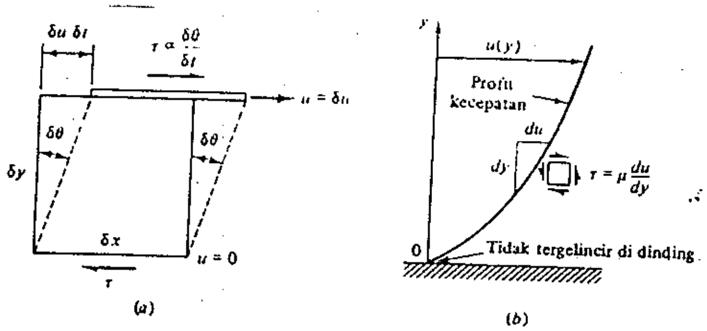
Kekentalan Kinematis (ν) :

adalah perbandingan antara kekentalan dinamis dengan kerapatan massa.

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad (m^2 / dt) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.1)$$

Bila suatu fluida mengalami geseran, ia mulai bergerak dengan laju regangan yang berbanding terbalik dengan suatu besaran yang disebut koefisien kekentalan μ Tinjaulah suatu unsur fluida yang mendapat geseran tunggal τ , seperti gambar 2.1. Sudut regangan geser $\delta\,\theta$ akan terus membesar selama tegangan τ bekerja, dan permukaan di bagian atas bergerak dengan kepesatan δu lebih besar daripada kepesatan bagian bawah. Fluida - fluida yang biasa seperti air, minyak, dan udara menunjukkan adanya hubungan antara geseran yang dikenakan dan laju regangan yang diakibatkan.

$$\tau \propto \frac{\delta\,\theta}{\delta\,t} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.2)$$



Gambar 2.1. Tegangan geser menimbulkan regangan geser kontinu dalam fluida

(a). Suatu unsur fluida meregang dengan laju $\frac{\delta \theta}{\delta t}$

(b). distribusi geseran newton dalam suatu lapisan geser dekat sebuah dinding.

Dari gambar 1.a. kita lihat bahwa :

$$\tan \delta \theta = \frac{\delta u \ \delta t}{\delta y} \quad \text{..........................(2.3)}$$

Bila batas perubahan kecil tak hingga tercapai, ini menjadi hubungan antara laju regangan geser dan kecepatan :

$$\frac{d \theta}{d t} = \frac{d u}{d y} \quad \text{..........................(2.4)}$$

Maka tampak dari persamaan (2.2) bahwa tegangan geser yang bekerja juga berbanding langsung dengan gradien kecepatan. Ini berlaku untuk fluida - fluida biasa yang linier. Konstanta kesebandingannya ialah koefisien kekentalan μ.

$$\tau = \mu \frac{d \theta}{d t} = \mu \frac{d u}{d y} \quad \text{...............(2.5)}$$

Fluida linear yang memenuhi persamaan (2.5) disebut <u>Fluida Newton</u>.

Dalam mekanika fluida, kita tidak terlalu memperdulikan sudut regangan θ (t), dan lebih memusatkan perhatian pada distribusi kecepatan u(y), seperti pada gambar 1.b. Gambar 1.b. melukiskan suatu lapisan geser, atau lapisan batas dekat sebuah dinding. Tegangan geser sebanding dengan kemiringan profil kecepatan dan nilainya paling besar pada dinding. Lagi pula pada dinding itu kecepatan u adalah nol, nisbi terhadap dinding. Inilah yang disebut syarat tak tergelincir, yang merupakan karakteristik semua aliran fluida kental. Kekentalan fluida Newton adalah sifat termodinamika yang nilainya tergantung pada suhu dan tekanan. Pada suatu keadaan (p , T) nilai kekentalan itu sangat berbeda-beda untuk berbagai fluida. Tabel 1 menyajikan kekentalan delapan fluida pada tekanan dan suhu standar.

b. Kerapatan atau Kerapatan Massa (ρ)

Adalah perbandingan antara massa benda terhadap volumenya

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (kg/m^2) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.6)$$

c. Berat Jenis atau Kerapatan Berat (γ)

adalah berat benda persatuan volume

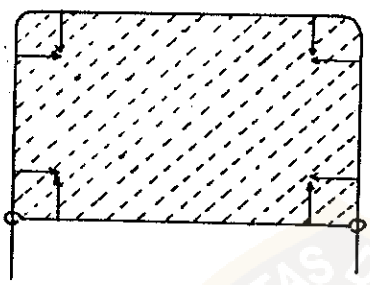
$$\gamma = \rho\, g \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.7)$$

$$= \frac{m\ g}{v} \quad (Newton / m^3)$$

dimana = ρ = kerapatan massa (kg/m^3)
g = percepatan gravitasi (m/s^2)

d. Tegangan Permukaan (γ)

Luas permukaan suatu zat cair cenderung untuk mengecil dan berkelakuan serupa dengan selaput (membran yang ditegangkan). Efek ini disebut tegangan permukaan. Tegangan permukaan zat cair didefinisikan sebagai gaya persatuan panjang sepanjang tiap garis pada permukaan.



Gambar 2.2. Tegangan permukaan pada rangka kawat.

Ditinjau rangka kawat segi empat dimana salah satu sisinya dapat bergerak. Bila rangka kawat tersebut dicelupkan dalam larutan sabun, hingga terbentuk selaput sabun dalam segi empat, maka akan terdapat gaya (F) di sepanjang sisi kawat yang berusaha mengurangi luas selaput. Untuk menahan sisi kawat yang dapat bergerak supaya setimbang digunakan gaya F.

Karena ada satu selaput pada tiap sisi kawat, maka:

$$F = 2 . l . \gamma \quad \text{..........................} (2.8)$$

dimana l = panjang kawat yang dapat bergerak (m)

γ = tegangan permukaan (Newton/m)

F = Gaya (Newton)

Bila kawat yang dapat bergerak ditarik perlahan-lahan menempuh jarak d sehingga luas selaput dan gaya F tetap konstan selama luas selaput bertambah, maka usaha (w) yang dilakukan untuk menggerakkan kawat adalah :

$$w = F.d = 2.1.\gamma.d \quad \text{.......................(2.9)}$$

Tetapi nilai 2ld adalah pertambahan luas selaput (muka dan belakang), akhirnya :

$$w = A.\gamma \quad \text{atau}$$

$$\gamma = \frac{w}{A} \quad \text{.................................(2.10)}$$

dimana :

w = usaha untuk menggerakkan kawat (J)

A = luas selaput (m^2)

γ = tegangan permukaan (J/m^2)

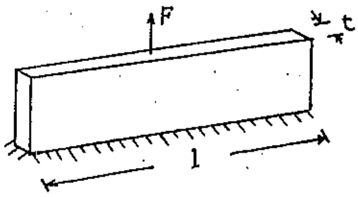
Dari persamaan (2.10)maka tegangan permukaan dapat didefinisikan sebagai usaha yang dilakukan persatuan luas untuk menambah luas selaput.

Bila lempeng gelas mempunyai panjang l dan tebal t, maka gaya penarik F akan tepat dapat mengimbangi tegangan muka S yang bekerja pada dua panjang dan dua tebal lempeng gelas (gambar 3.3) adalah :

$$\gamma = \frac{F}{2\,l + 2\,t} \quad \text{...........(2.11)}$$

dimana l = panjang lempeng gelas (m)

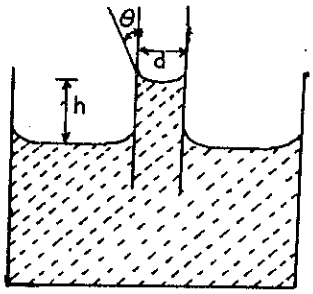
t = tebal lempeng gelas (m)



Gambar 2.3 Tegangan Permukaan Lempeng Gelas

e. Kapilaritas

Adalah gejala naiknya cairan dalam tabung berdiameter kecil yang disebut tabung kapiler, disebabkan sifat-sifat adhesi dan kohesi selain tegangan permukaan.



Gambar 2.4 Kapilaritas

Bila θ adalah sudut dari kemiringan, perbedaan tinggi permukaan terhadap permukaan horizontal, maka gaya tarik = $\Upsilon \pi d \cos \theta$ dimana :

d = diameter pipa

h = tinggi cairan yang naik

γ = berat jenis fluida / cairan

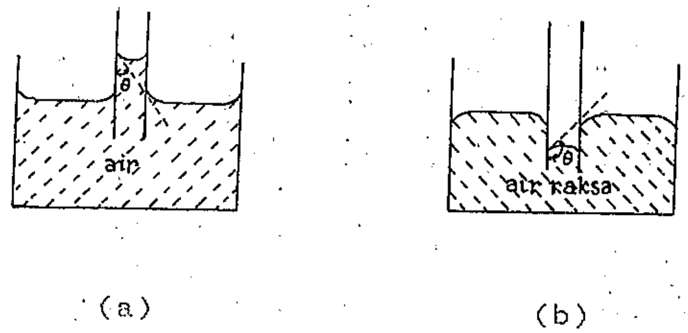
maka $\Upsilon \pi d \cos \theta = \gamma \frac{1}{4} \pi d^2 h$

$$h = \frac{4 \Upsilon \cos \theta}{\gamma d} \qquad \text{.......................(2.12)}$$

karena $\gamma = \rho g$ dan $d = 2r$ dimana r adalah jari-jari tabung maka :

$$h = \frac{2 \Upsilon \cos \theta}{r \rho g} \qquad \text{............(2.13)}$$

Bila sebatang pembuluh kaca kita masukkan ke dalam zat cair, maka permukaan zat cair dapat tidak sama tinggi antara di dalam pembuluh kaca (tabung) dengan di luar pembuluh kaca, seperti gambar di bawah ini :



Gambar 2.5 Gejala Kapilaritas
(a) gaya adhesi besar
(b) gaya kohesi besar

Catatan : adhesi adalah gaya tarik menarik dua jenis zat yang berbeda .
Kohesi adalah gaya tarik menarik dua jenis zat yang sama
untuk air -----> adhesi > kohesi untuk air raksa ---> kohesi >adhesi adhesi besar θ kecil ----> $\theta < 90^o$ adhesi besar θ besar ----> $\theta > 90^o$

2.1.3. Medan Kecepatan

Yang terpenting diantara besaran-besaran suatu aliran ialah medan kecepatannya V (x,y,z,t). Menentukan kecepatan bahkan sering berarti menyelesaikan soal aliran, karena besaran-besaran lainnya dapat diperoleh langsung dari medan kecepatan. Pada umumnya, kecepatan adalah suatu fungsi vektor dari posisi dan waktu. Jadi ia mempunyai tiga komponen, u, v, dan w. Yang masing-masing merupakan medan skalar.

$$V(x,y,z,t) = iu(x,y,z,t) + jv(x,y,z,t) + kw(x,y,z,t) \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(2.14)$$

Besaran-besaran lain, yang disebut <u>besaran-besaran kinematik</u> dapat diturunkan dengan mengolah medan kecepatan secara matematis. Contoh besaran kinematik ini misalnya vektor pergeseran, vektor percepatan, vektor kecepatan sudut lokal, dan fluks volume melalui suatu permukaan. Diantara besaran-besaran ini yang terpenting ialah vektor percepatan.

a. Percepatan suatu partikel.

Percepatan a sangat penting dalam Mekanika Fluida karena besaran ini terdapat dalam Hukum Dinamika Newton = Vektor percepatan mengandung empat suku turunan

$$a = \frac{dV}{dt} = \frac{\partial V}{\partial t} + \frac{\partial V}{\partial x}\frac{\partial x}{dt} + \frac{\partial V}{\partial y}\frac{\partial y}{dt} + \frac{\partial V}{\partial z}\frac{\partial z}{dt} \quad \ldots\ldots(2.15)$$

Tetapi perubahan kecil tak hingga dalam posisi suatu partikel harus langsung terkait dengan komponen - komponen kecepatan lokal.

$$dx = u\ dt\ ;\ dy = v\ dt\ ,\ dz = w\ dt \quad \ldots\ldots(2.16)$$

Dengan mensubstitusikan persamaan (2.16) ke persamaan (2.15)diperoleh bentuk yang kita inginkan untuk percepatan suatu partikel :

$$\frac{dV}{dt} = \frac{\partial V}{\partial t} + \left(u\frac{\partial V}{\partial x} + v\frac{\partial V}{\partial y} + w\frac{\partial V}{\partial z}\right) \quad \ldots\ldots(2.17)$$

Suku pertama di ruas kanan adalah <u>percepatan lokal</u>. Percepatan lokal ini nol jika alirannya tunak, tak bergantung pada waktu. Ketiga suku di dalam kurung disebut <u>percepatan konvektif</u> timbul bila partikel itu bergerak melalui daerah yang kecepatannya berubah-ubah. Misalnya di dalam nosel.

Bila $$\nabla = \hat{i}\frac{\partial}{\partial x} + \hat{j}\frac{\partial}{\partial y} + \hat{k}\frac{\partial}{\partial z} \quad \ldots\ldots(2.18)$$

dimana ∇ = operator gradien

Maka notasi untuk percepatan konvektif menjadi :

$$u\frac{\partial V}{\partial x} + v\frac{\partial V}{\partial y} + w\frac{\partial V}{\partial z} = (V.\nabla)\ V \quad \ldots\ldots(2.19)$$

Sehingga persamaan (2.14) percepatan tolak suatu partikel dalam sistem Euler dapat ditulis :

$$a = \frac{dV}{dt} = \frac{\partial V}{\partial t} + (V.\nabla)V \quad \text{..........(2.20)}$$

2.1.4. Karakteristik Umum Aliran Fluida

a. Aliran fluida dapat merupakan aliran tunak (steady) atau tak tunak (nonsteady). Bila kecepatan fluida V di setiap titik yang diberikan adalah konstan terhadap waktu, maka aliran fluida tersebut dikatakan aliran tunak. Pada kondisi lain, bila kecepatan fluida disetiap titik sebuah partikel dapat berjalan dengan kecepatan yang berbeda - beda dikatakan aliran tak tunak.

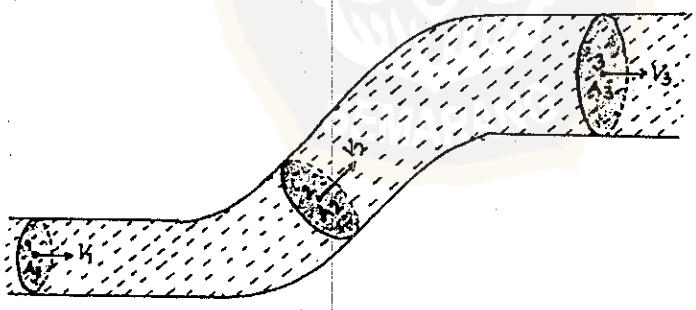
b. Aliran fluida dapat merupakan aliran berolak (rotasional) atau tak berolak (irotasional). Aliran dikatakan tak berolak apabila elemen fluida di setiap titik tidak mempunyai kecepatan sudut netto terhadap titik tersebut. Sebagai contoh sebuah kincir air kecil yang dicelupkan di dalam fluida yang bergerak. Jika kincir tersebut bergerak tanpa rotasi, maka gerak tersebut adalah tak berolak. Jika tidak maka gerak tersebut adalah berolak.

c. Aliran fluida dapat termampatkan (compressible) atau tak termampatkan (incompressible). cairan-cairan biasanya dapat ditinjau sebagai yang mengalir tak termampatkan. Tetapi suatu gas yang sangat termampatkan pun kadang-kadang dapat mengalami perubahan-perubahan massa jenis. Maka aliran gas tersebut secara praktis adalah tak termampatkan. Sebagai contoh di dalam penerbangan yang lajunya jauh lebih rendah daripada laju bunyi di udara, maka gerak udara relatif kepada sayap-sayap adalah suatu aliran yang tak termampatkan.

d. Aliran fluida dapat merupakan aliran kental (viscous) atau tak kental (nonviscous). Viskositas gerak fluida adalah analogi dari gesekan di dalam gerak benda padat.

2.1. Persamaan Kontinuitas Aliran Fluida.

Persamaan Kontinuitas aliran fluida menyatakan bahwa untuk fluida tak termampatkan banyaknya fluida yang mengalir tiap satuan waktu di sepanjang pipa adalah tetap. Seperti dalam gambar 2.6. di bawah :



Gambar (2.6) Sebuah tabung aliran yang digunakan untuk membuktikan persamaan Kontinuitas

dimana A = luas penampang melintang pipa (m^2)

V = kecepatan fluida (m/dt)

Q = besarnya debit aliran (m^3/dt)

akan didapat :

$$Q_1 = A_1 . V_1$$

$$Q_2 = A_2 . V_2$$

$$Q_3 = A_3 . V_3$$

Menurut Hukum Kekekalan Materi :

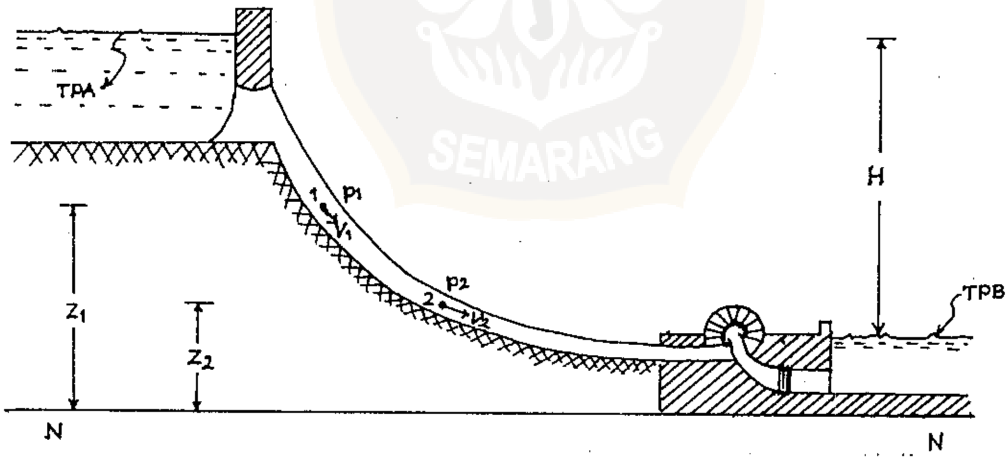
$$A_1 . V_1 = A_2 . V_2 = A_3 . V_3 = \text{Konstan} \quad \ldots\ldots\ldots (2.21)$$

Ini dikenal dengan Persamaan Kontinuitas.

2.3. Persamaan Bernoulli.

Kaidah energi menyatakan bahwa suatu bentuk energi akan dapat diubah menjadi bentuk energi yang lain. Arus air yang mengalir mengandung energi. Apabila arus ini dilewatkan melalui turbin air, maka energi yang ada dalam air akan diubah menjadi bentuk energi yang lain.

Aliran air pada suatu standar ketinggian tertentu dengan garis acuan N-N seperti terlihat pada gambar 2.7. mempunyai bentuk-bentuk energi sebagai berikut :



Gambar 2.7. Bentuk energi pada aliran air.

$$\text{Energi tempat} = m . g . z \quad (Nm) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.22)$$

$$\text{Energi tekanan} = \frac{m\ p}{\rho} \quad (Nm) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.23)$$

Energi Kecepatan = $\frac{m \,.\, V^2}{2}$ (Nm) ....(2.24)

dimana : m = massa fluida (kg)

g = percepatan gra itasi (m/dt^2)

z = tinggi fluida yang ditinjau (m)

p = tekanan fluida yang ditinjau (N/m^2)

ρ = massa jenis fluida (kg/m^3)

V = kecepatan aliran fluida yang ditinjau (m/s)

Pada suatu aliran air di dalam pipa, di ambil suatu selisih ketinggian z antara tinggi air atas dan tinggi air bawah, maka menurut Bernoulli besar energi aliran air tersebut adalah :

$$w = m\,g\,z + m\frac{p}{\rho} + \tfrac{1}{2}\,m\,V^2 \text{(Nm)} \quad ....(2.25)$$

Bila pada aliran tersebut di atas diambil suatu julah air tiap 1 kg untuk diperhitungkan, hal ini dinamakan <u>spesifik energi</u>.

$$w = g\,z + \frac{p}{\rho} + \tfrac{1}{2}\,V^2 = \text{konstan} \quad ....(2.26)$$

kemudian dibagi lagi dengan percepatan grafitasi g, akan didapat salah satu ruas dari persamaam Bernoulli yang mempunyai arti ketinggian :

$$H = z + \frac{p}{\rho g} + \frac{1/2\ V^2}{g} = \text{konstan (m)} \quad .....(2.27)$$

dimana H = head = tinggi tekan (m)

Persamaan umum Bernoulli ditulis :

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{1/2\ V_1^{\,2}}{g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{1/2\ V_2^{\,2}}{g} \quad .....(2.28)$$

karena $\gamma = \rho\, g$, maka persamaan diatas akan menjadi

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{1/2\ V_1^2}{g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{1/2\ V_2^2}{g} \quad \text{.......(2.29)}$$

2.4. Pemakaian Persamaan Bernoulli dan Persamaan Kontinuitas.

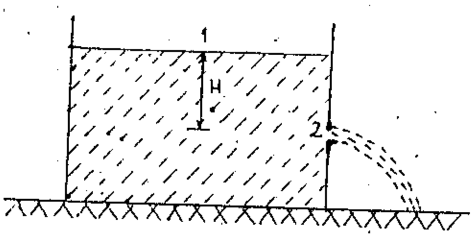
Persamaan Bernoulli dapat digunakan untuk menentukan laju fluida dengan cara mengukur tekanan. Prinsip yang umumnya digunakan di dalam alat pengukur seperti ini adalah sebagai berikut : Persamaan Kontinuitas mengharuskan bahwa laju fluida di tempat penyempitan akan bertambah besar. Persamaan Bernoulli kemudian memperlihatkan bahwa tekanan harus turun di tempat tersebut.

Yakni, untuk sebuah pipa horizontal maka $p + 1/2\ \rho\ V^2$ menyamai sebuah konstanta, jika V bertambah besar dan fluida tersebut termampatkan, maka p harus berkurang.

2.4.1. Orifis.

2.4.1.1. Orifis pada Reservoir.

Orifis dapat digunakan untuk mengukur laju aliran yang keluar dari suatu reservoir atau yang melalui sebuah pipa. Orifis adalah suatu lubang yang berfungsi sebagai tempat fluida mengalir.



Gambar 2.8. Orifis pada reservoir

Tinggi tekan H di orifis diukur dari titik pusat orifis sampai permukaan bebas. Tinggi tekan tersebut diasumsikan konstan. Dengan mengabaikan kerugian, menurut persamaan Bernoulli diperoleh :

$$\frac{V_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} + z_1 = \frac{V_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma} + z_2$$

dimana niai-nilai $p_1 = p_2 = p_a$

$z_2 = 0$ dan $z_1 = H$

akan didapat :

$$V_2 = \sqrt{2\ g\ H} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(2.30)$$

Kecepatan ini hanyalah kecepatan teoritik, karena kerugian antara kedua titik tersebut diabaikan.

Perbandingan kecepatan nyata V_a terhadap kecepatan teoritik V_t dinamakan koefisien Cv.

Maka persamaan (2.27) di dapat :

$$V_{2a} = Cv\sqrt{2\ g\ H} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(2.31)$$

Debit nyata Q_a dari orifis sama dengan hasil kali kecepatan nyata dari vena kontrakta dan luas jet.

Perbandingan luas jet A_2 di vena kontrakta terhadap luas orifis A_o disebut koeffisien kontraksi Cc.

Jadi besarnya debit Q :

$$Q_a = A_2 .\ V_{2a} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(2.32)$$

$$Q_a = Cc.Cv\ Ao\sqrt{2\ g\ H} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(2.33)$$

karena koeffisien debit Cd = Cv . Cc, maka diperoleh :

$$Q_a = C_d .\ A_o\sqrt{2\ g\ H} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(2.34)$$

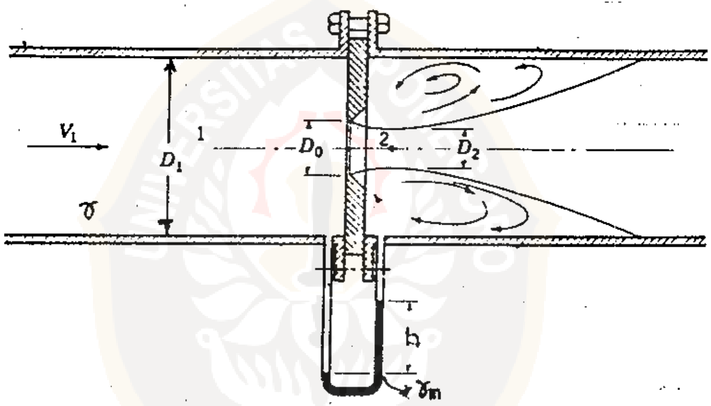
2.4.1.2. Orifis di Dalam Pipa

Orifis di dalam pipa seperti gambar 2.9. menyebabkan kontraksi (penyempitan) jet di sebelah hilir lubang orifis. Untuk aliran tak termampatkan dari persamaan Bernoulli diperoleh :

$$V_{2a} = \frac{C_v}{\sqrt{1 - C_c^2 \left(\frac{A_o}{A_1}\right)^2}} \sqrt{\frac{2\, g\, (p_1 - p_2)}{\gamma}} \quad \ldots(2.35)$$

Dan besarnya debit :

$$Q_a = A_2 . V_{2a} = \frac{A_0 C_c . C_v}{\sqrt{1 - C_c^2 \left(\frac{A_o}{A_1}\right)^2}} \sqrt{\frac{2\, g\, (p_1 - p_2)}{\gamma}} \quad \ldots.(2.36)$$



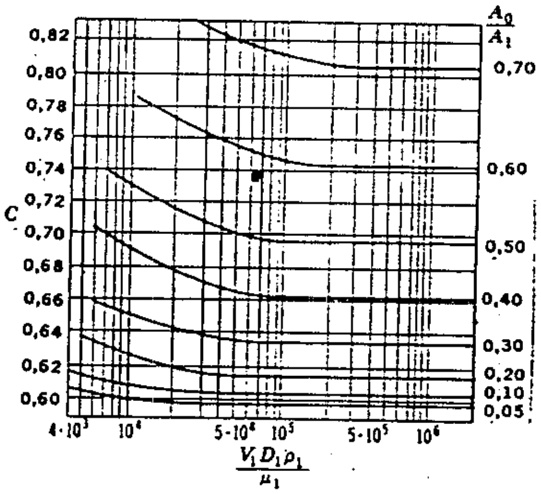
Gambar 2.9. Meter Orifis

$$\text{Karena } C = \frac{C_d}{\sqrt{1 - (d_o/d_1)^4}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(2.37)$$

Debit nyata Q_a diperoleh :

$$Q_a = A_o . C . \sqrt{\frac{2\, g\, (p_1 - p_2)}{\gamma}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots(2.38)$$

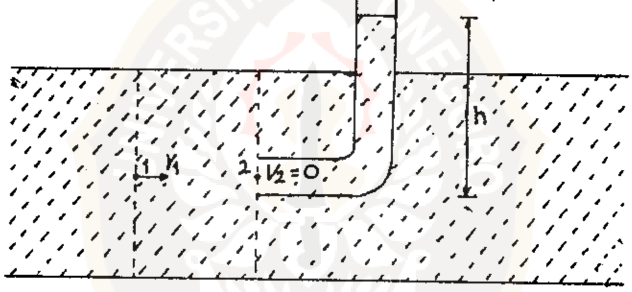
Nilai koefisien C untuk orifis diberikan gambar 2.10.



Gambar 2.10. Nilai koefisien C untuk Orifis

2.4.2. Tabung Pitot

Tabung Pitot adalah peralatan yang digunakan untuk mengukur kecepatan dari fluida yang mengalir.



Gambar 2.11 Tabung Pitot

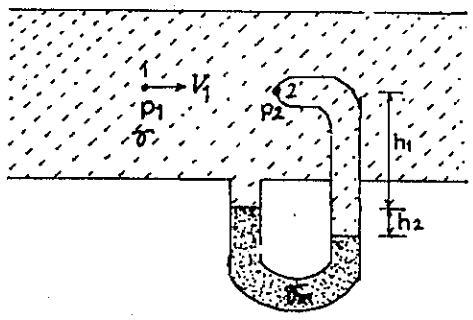
Dengan menerapkan persamaan Bernoulli , diperoleh

$$\frac{V_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} = \frac{p_2}{\gamma}$$

$$V_1 = \sqrt{\frac{2g\ (p_2 - p_1)}{\gamma}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(2.39)$$

Untuk saluran tertutup, maka perlu menghitung $\frac{(p_2 - p_1)}{\gamma}$.

Ini dilakukan dengan menggabungkan tabung Piezometer dengan tabung Pitot (gambar 2.12) atau menggunakan bukaan Piezometer pada dinding pipa.



Gambar 2.12 Bukaan Piezometer & Tabung Pitot

Dari persamaan Bernoulli $\frac{V_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} = \frac{p_2}{\gamma}$ dengan menghitung manometer, maka

$$p_1 + \gamma . h_1 + \gamma_m . h_2 - \gamma (h_1 + h_2) = p_2 \quad ......(2.40)$$

$$\frac{p_2 - p_1}{\gamma} = h_2 (\frac{\gamma m}{\gamma} - 1) \quad ....(2.41)$$

Dari persamaan (2.39) didapat

$$V_1 = \sqrt{2 g h_2 (\frac{\gamma m}{\gamma} - 1)} \quad ....(2.42)$$

dimana :

V_1 = kecepatan aliran fluida di titik 1 (m/dt^2)

V_2 = kecepatan aliran fluida di titik 2 (m/dt^2)

p_1 = tekanan fluida di titik 1 (N/m^2)

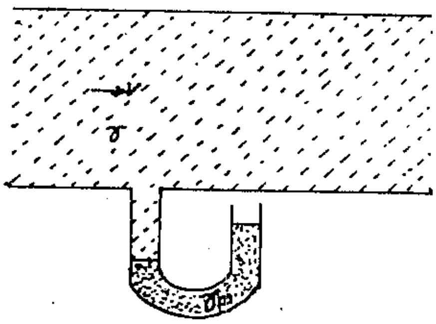
p_2 = tekanan fluida di titik 2 (N/m^2)

γ = berat jenis fluida (N/m^3)

γm = berat jenis fluida manometer (N/m^3)

3.4.3. Piezometer

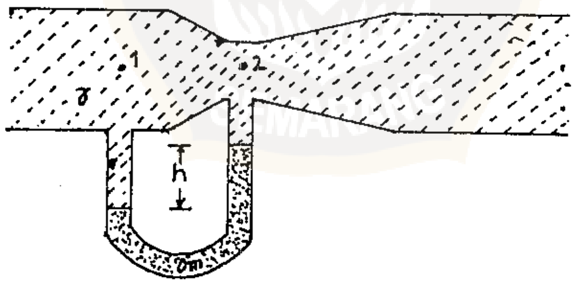
Pengukuran tekanan fluida bergerak merupakan hal yang sulit, karena adanya piranti pengukur akan sedikit mengubah aliran atau besarnya tekanan. Bukaan pada dinding pipa sering digunakan untuk mengukur tekanan fluida yang sedang mengalir. Tekanan ststik ini dianggap merupakan tekanan fluida yang tak terganggu dan lubang bukaannya disebut bukaan piezometer.



Gambar 2.13. Bukaan Piezometer

3.4.4. Venturi Meter

Adalah sebuah alat pengukur yang ditaruh di dalam sebuah pipa aliran untuk mengukur laju suatu aliran dengan rugi alir yang sekecil-kecilnya (lihat gambar 2.14)



Gambar 2.14 Venturi Meter

Dari persamaan Bernoulli diperoleh

$$\frac{V_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} = \frac{V_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma} \quad \text{..........(2.43)}$$

atau $$\frac{V_2^2}{2g} - \frac{V_1^2}{2g} = \frac{p_1 - p_2}{\gamma}$$

Persamaan kontinuitas menyatakan bahwa untuk aliran yang tak termampatkan berlaku $Q = A_1 . V_1 = A_2 . V_2$, sehingga persamaan 2.40. diperoleh :

$$\frac{p_1 - p_2}{\gamma} = \frac{V_2^2}{2g} \left(1 - \left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2 \right) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.44)$$

Dan debit aliran Q adalah

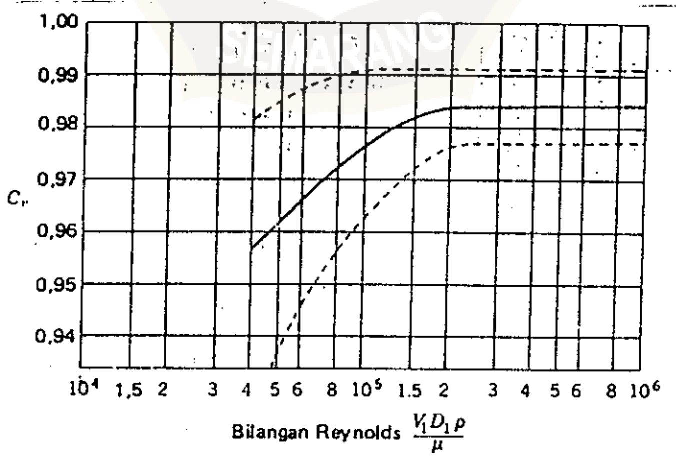
$$Q = A . V = A_2 V_2 = \frac{A_2}{\sqrt{1 - \left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2}} \sqrt{\frac{2 g (p_1 - p_2)}{\gamma}} \quad \ldots (2.45)$$

Untuk kasus fluida nyata dengan gesekan, diberikan suatu koefisien C_v , sehingga menjadi

$$Q = \frac{C_v . A_2}{\sqrt{1 - \left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2}} \sqrt{\frac{2 g (p_1 - p_2)}{\gamma}} \quad \ldots\ldots\ldots (2.46)$$

$$Q = \frac{C_v . A_2}{\sqrt{1 - \left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2}} \sqrt{2 g \left(\frac{\gamma m}{\gamma} - 1 \right) h} \quad \ldots\ldots\ldots (2.47)$$

Koeffisien kecepatan dari venturi meter besarnya tidak tetap dan merupakan fungsi dari bilangan Reynold.



Gambar 2.15. C_v untuk meter-meter venturi